

迂回率を用いた配分対象経路の選択手法

Applications of detour ratios to selection of paths for traffic assignment

森津秀夫*・山根 寛**

By Hideo MORITSU and Hiroshi YAMANE

1. はじめに

交通量配分には、様々な方法が提唱されてきた。これらにおいては、all-or-nothing 法を除いては一般に起終点間の複数経路に交通需要が割り当てられる。この意味においては多経路への配分が主流である。しかし、配分計算の過程においては1経路への配分を繰り返す方法が多い。また多経路への配分計算を行う多経路配分モデルでも明示的に経路を扱うことはあまりない。

経路選択行動の観点からは、あらゆる経路がつねに選択対象となることはなく、利用される経路は限定されるとする方が現実的である。従来から、そのための様々な方法が提案されてきたが、配分対象となる経路の選択を合理的な基準で行うという点からは不十分なものでしかない。そこで、ここでは多経路配分における配分対象経路の備えるべき条件を考察し、迂回率を用いた配分対象経路の選択手法を提案する。そして、調査結果から利用経路を特定できる鉄道利用 OD の配分に適用し、配分対象経路選択の効果を実証する。

2. 迂回率を用いた配分対象経路の選択

(1) 配分対象経路の条件

従来の研究でも考えられていることは、ある経路が使用されるとき、わずかな区間だけを他に迂回するだけの経路は使われないということである。換言すれば、相互に類似した経路は代替経路として認識されないということである。

また、一般に時間的あるいは距離の最短経路は配分対象の第1候補となる。これらの点を考慮すると、配分対象経路が具備すべき条件は、経路長がより短く、他の配分対象経路との類似度が低いことであるといえる。

(2) 迂回率の導入

(1)で述べた条件を踏まえ、他経路との類似度と経路長の短さを同時に示す指標を設ければ、配分対象経路の選択に用いることができる。このような特性を持つ指標として、迂回率を定義する。

ある経路を基準にとると、比較対象経路の類似度は経路構成上、リンクが重複する割合で表すことができる。それぞれの重複するリンクを除くと、比較経路は基準経路のある区間を別の経路で結ぶことになる。基準経路の方が短ければ、比較経路はその区間を迂回する経路であると見なせる。迂回長は両経路の経路長の差であるが、経路の異なる区間の区間長の比を取れば、迂回の程度を知ることができる。比の値が大きければ同じ区間を大きく迂回することを示している。そこで、これを迂回率と定義する。

基準経路と他の経路を比較するとき、経路上の同一ノード間を異なるリンクで結んでいる部分の距離をそれぞれについて求める。その差と基準経路側の距離の比（比較経路側の距離と基準経路側の距離の差／基準経路側の距離）によって迂回率が計算できるのである。このような箇所が複数存在する場合は、それらの距離の総和を求めて比をとる。

例えば、図-1 に示すネットワークにおけるノード A~D 間の基準経路 ABCD に対する経路 ABEFCD の迂回率 p は、式(1)で表すことができる。

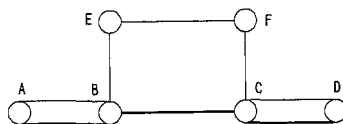


図-1 ネットワーク例

$$p = \left(\frac{(BE + EF + FC) - BC}{BC} \right) \times 100 \quad (\%) \quad (1)$$

一般に基準経路に対する経路 k の迂回率は、式(2)で定義される。

$$p_k = \left(\frac{\sum_{a \in A} l_a \delta_a^k (1 - \delta_a^*)}{\sum_{a \in A} l_a \delta_a^* (1 - \delta_a^k)} - 1 \right) \times 100 \quad (\%) \quad (2)$$

キーワード：配分交通

* 正会員 工博 神戸大学工学部建設学科

** 学生員 神戸大学大学院自然科学研究科

(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, TEL/FAX 078-803-1013)

ここで、

p_k : 経路 k の迂回率

A : リンクの集合

l_a : リンク a の長さ

δ_a^*, δ_a^k はそれぞれ、基準経路、比較経路にそのリンクが含まれるかどうかを示す値である。経路 k の構成リンクの集合を L_k とすると、式(3)のようになる。

$$\delta_a^k = \begin{cases} 1 & (a \in L_k) \\ 0 & (a \notin L_k) \end{cases} \quad (3)$$

以上のように定義した迂回率は、基準経路上の短い区間をより長距離で迂回するような経路に対し大きな値をとる。そのような経路は基準経路と重複する区間が長く、基準経路との相違は少ない。よって、経路長が同一であっても基準経路と類似した経路ほど迂回率が大きくなる。

迂回率は類似度を考慮した経路の代替可能性を示していると解釈できる。配分対象経路に選択されている基準経路に対して迂回率の小さい経路を追加すれば、相互に代替可能性の大きな経路の集合ができると考えられる。

(3) 配分対象経路の選択手順

最短経路は最初に配分対象経路に含めるものとする。次に最短経路を基準として迂回率を求め、これが小さいものを配分対象経路として採用すると、最短経路とその他の経路の類似を避けることができると考えられる。しかし、追加する経路相互の類似も避けなければならない。そこで、すでに配分対象経路として採用されている全経路を基準に迂回率を求め、これを用いて配分対象経路が互いに類似することを防ぐ。

図-2は、迂回率を用いた配分対象経路の選択過程を示している。まず、起終点間の後戻りのない全ての経路について最短経路を基準とした迂回率を求め、これが最小のものを配分対象経路として採用する。次に、残りの経路について、既決定の配分対象経路を基準に迂回率を求め、そのうち最大の迂回率を各経路の代表迂回率とする。この代表迂回率が最小のものを新たに配分対象経路として採用する。つまり、式(4)によって決定された経路を逐次、配分対象経路とする。

$$p^{\min} = \min_{j \in K} \max_{k \in K} (p_k^j) \quad (4)$$

ここで

j : 候補経路

k : 配分対象経路として採用された経路

K : 配分対象経路として採用された経路の集合

p_k^j : 経路 j の経路 k に対する迂回率

最短経路を含めた経路の列挙本数が、配分対象経路として採用する本数に達した時点で選択を終了する。

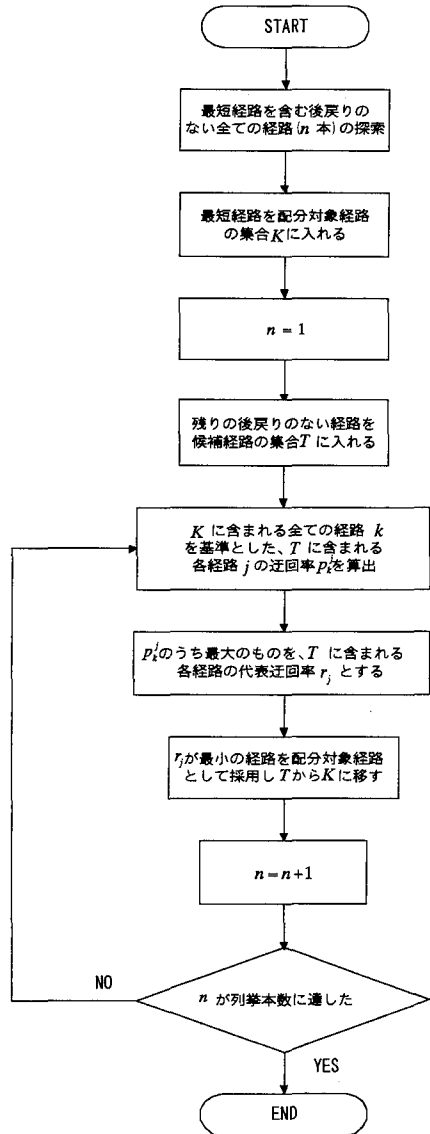


図-2 配分対象経路選択のフローチャート

3. 京阪神都市圏の鉄道利用 OD を用いたケーススタディ

(1) 対象地域と鉄道ネットワーク

ここでは鉄道利用 OD を対象に、迂回率を用いた配分対象経路選択のケーススタディを行う。これは鉄道利用トリップの場合、利用経路を求め、経路分担率の実績値と計算値を比較できるからである。ただし、鉄道利用 OD の配分に際しては、急行等の列車種別を表すリンクを設け、路線

対象地域は京阪神都市圏とし、第3回京阪神都市圏パーソントリップ調査のデータを用いることにする。先に述べた乗り換え等のダミーリンクを加え、調査時点に対応したネットワークを設定する。なお、起終点間の配分対象経路数は、実績データを参考に7本を用いるものとする。

まず、迂回率の特性を設定したネットワークから例を取り上げて確認するため、ある起終点間において迂回率を適用する場合と用いない場合の経路選択の状況を比較する。

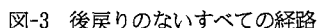
[illegible]

表-3 経路相互間の迂回率

序号	对最短	对②	对③	对④	对⑤	对⑥
②	6.35	-	-	-	-	-
③	7.61	11.26	-	-	-	-
④	9.74	3.40	7.84	-	-	-
⑤	9.97	3.48	5.10	16.12	-	-
⑥	10.06	4.70	5.76	13.98	19.25	-
⑦	20.95	2.03	5.25	5.33	7.27	9.17

以上のように、迂回率は経路間の類似度を考慮した上で、代替性の高いと考えられる経路を選択するのに適した指標であることが示された。そして、経路相互間の迂回率を求めることにより、配分対象として好ましい経路集合を構成できることが分かる。

まず、起終点間の最短経路に需要をすべて割り当てる all-or-nothing 法による配分計算を行った。その結果、配分結果と実績値との相関係数は 0.608 であった。つまり、多経路配分を行わなければ、十分な再現性が得られないことがわかる。

ここでは、後戻りのないすべての経路を配分対象とし、配分結果と実績値との相関係数を示すと、表-4 になる。Dial モデルにおける時間比の係数値を 0.05 刻みで変えて配分計算を行った。表-4 はその最良の結果であり、() 内にそれぞれにおける時間比の係数 θ の値を示した。

表-4 トリップ目的別・リンクコスト別相関係数

	通勤通学	通勤通学以外
時間のみ	0.703(0.80)	0.621(0.50)
運賃考慮	0.670(0.40)	0.740(0.55)

表-4 を見れば、通勤通学目的の場合には運賃抵抗を加えない方が相関は高くなっている。これとは逆に、通勤通学以外では運賃抵抗を考慮した方が相関は高くなっている。そこで、以後の配分計算においてはトリップ目的を通勤通学とそれ以外に分割し、前者には所要時間のみをリンクコストにし、後者については運賃抵抗を加えたリンクコストを用いるものとする。

表-5 迂回率を用いた配分結果

トリップ目的	相関係数
通勤通学	0.820(0.55)
通勤通学以外	0.786(0.65)

これらの準備の後、迂回率によって選択された配分対象経路を用いて配分計算を行った。その結果は表-5 のとおりであり、表-4 の場合と同様に最良の結果を時間比の係数 θ の値とともに示した。表-4 に示した後戻りのないすべての経路を用いた場合と比較すると、いずれの目的の場合も相関係数が高くなっている。すなわち、迂回率を用いて配分対象経路を限定することが、配分結果の再現性を高める上で有効である。

(4)経路別交通量の適合性

対象地域全体における配分結果においては再現性を高めることができた。ここではさらに、計算によって求められた起終点間の配分対象経路とそれらの選択率が、実績値とどの程度整合しているかを調べることにする。

図-7 に示す大阪市北区と神戸市東灘区内陸部間について、計算によって求められた配分対象経路と選択率、パーソントリップ調査結果から集計した利用経路とその選択率を表-6 に示した。これは通勤通学目的を対象とし、所要時間のみをリンクコストにした場合の結果である。ただし、各駅停車と急行運転の列車は同一路線では集約し、図-7 のように3路線にまとめた。

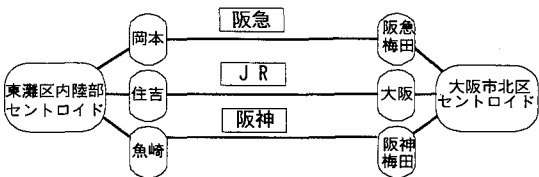


図-7 配分対象経路(大阪市北区-神戸市東灘区内陸部)

表-6 経路別配分結果・選択率の比較

経路	実績値		配分結果(迂回率使用)		配分結果(全ての経路)	
	利用者数	選択率(%)	利用者数	選択率(%)	利用者数	選択率(%)
J R	1791	45.3	1729	43.7	2364	59.7
阪急	886	22.4	914	23.1	835	21.1
阪神	1276	32.3	1313	33.2	758	19.2

表-6 を見れば、迂回率を用いた経路選択、そしてそれに基づく配分計算により、起終点間の経路別選択率がよく再現されていることが分かる。すなわち、対象地域全体における配分計算での再現性の向上は、それぞれの起終点間における配分対象経路とその選択率の再現性にに基づいていると言えよう。

4. おわりに

本研究では以下のことを行った。

- ①配分対象経路が具備すべき条件の提示
- ②経路間の類似度を考慮した経路の代替可能性を示す指標である迂回率の定義
- ③迂回率を用いた配分対象経路の選択手法の開発
- ④鉄道利用 OD を対象としたケーススタディによる迂回率適用の効果の検証

定義した迂回率は、基準経路に対して類似する割合が低く、距離の短い経路を抽出するための指標として有効なものである。ケーススタディにおいては、経路相互間の迂回率を考慮した配分対象選択手法を用いることにより、従来の手法よりも配分交通量に関する再現性を向上させることができた。任意の起終点間で選択される経路と経路別選択率を調べた場合、経路選択の実績をよく再現できていた。

導入した迂回率は、配分対象経路を選択するために合理的な基準を与えるものであると考えられる。ただし、ケーススタディでは実績値から配分対象経路数を決めたが、これには問題がある。迂回率を適用したときに配分対象経路として採用する迂回率の最大値を設けたり、あるいは経路数を決める基準を検討することが最大の課題である。また、自動車 OD へ適用する際の問題点も検討する必要がある。

参考文献

- 1) Dial, R. B.: A probabilistic multipath traffic assignment model which obviates path enumeration, transportation Res, Vol. 5, pp. 83~111, 1971.
- 2) 赤松隆: 各種静的均衡配分法の理論と適用可能性, 土木計画学ワンデイセミナーテキスト, 1994.
- 3) 土木学会土木計画学研究委員会: 交通ネットワークの分析と計画, 第 18 回土木計画学講習会テキスト, pp. 42-49, 1987.